

Herrn Prof. W. J. SCHMIDT (Gießen) zum 60-ten Geburtstage gewidmet.

Untersuchungen über das Ohrlabyrinth der Ostariophysen Fische.

**(Protocolumella, Vesicula saccularis caudalis,
Organum sinus imparis.)**

I. Teil. (Protocolumella, Vesicula saccularis caudalis.)*

Mit 5 Abbildungen im Text und Tafel I—XIV.

von B. FARKAS (Szeged).

Der Verfasser ist während seiner langjährigen Untersuchungen am Labyrinth verschiedener Knochenfische zu dem Resultat gekommen, dass die Otolithen über dem Maculaepithel vollständig fixierte Gebilde sind, die nach ihrem mikroskopisch-anatomischen Bau im Zusammenhang mit dem Maculaepithel keine Bewegungen machen können. Jede Bewegung der Otolithen müsste an den Epithelzellen und Zellelementen starke Verletzungen verursachen. Die früheren Forschungsergebnisse über den Bau und die Verbindung der Otolithen mit dem Epithel sind durch mangelhafte, schlecht gemachte Präparate und oberflächliche Untersuchungen entstanden.

Die Statolithen-Theorie der Otolithen ist also, als durch fehlerhafte mikrotechnische Manipulationen erreichtes Forschungsergebnis, unrichtig und zu verwerfen, da betreffs Funktion der Otolithen nur eine Ansicht als feststehend angesehen werden kann, nach welcher der Bau und die Funktion im Einklang stehen.

Nach meinen oben erwähnten Untersuchungen sind die Otolithen homologe Gebilde der äusseren Fischschuppen und als innere Schuppen haben sie die Aufgabe als Schutzapparat

* Auszug aus der ungarischen Arbeit derselben Zeitschrift S. 51—102.

zu funktionieren, der die äusseren mechanischen Einwirkungen am wirksamsten von dem unter ihm befindlichen Raum (subotolithischen Raum) fernhält, in welchem die Übergabe der Töneffekte und anderer mechanischer Effekte stattfindet, die durch besondere Fäserchen hiehergeleitet, und von diesen den Nervenfibrillen übergeben werden. Das Dämmungsvermögen der Otolithen kann sowohl durch ihre Gliederung auf verschiedenen grosse luftdichte Kammern, wie auch durch die Schichtung der Wände entstandenen Zwischenräume behauptet werden.

Entsprechend der Gesetzmässigkeit der erwähnten Feststellungen, die an Untersuchungen von Nicht-Ostariophysen Fischen erreicht wurde, kann auch der Otolith des Sacculus der Ostariophysen Knochenfische, die *Sagitta*, gleichfalls keine Bewegungen machen.

Diese Tatsache habe ich schon in mehreren ungarischen Vorträgen und Abhandlungen, ja sogar in einem Vortrag in der deutschen Zoologischen Gesellschaft E. V. in Gießen (Zool. Anz. Suppl. 11. 1938. S. 193—206) veröffentlicht und auch durch Mikrofotografien der Praeparate illustriert. Die dort publizierten Ergebnisse stehen also im Widerspruch mit der allgemeinen Auffassung über die Funktion der Otolithen und auch mit den Untersuchungen von DE BURLET, WERNER, v. FRISCH und seiner Schule, mit den münchener Zoologen, nach welchen die Funktion der *Sagitta*, bei den auf Töne entstandenen Endolymphbewegungen, gleichfalls in einer Bewegung besteht, durch welche die Schuppen des Otolithen, wie Schuppen eines Mühlrades, die Haare der Macula erregen. Diese Auffassung äussert sich auch in einem Referat über meinen erwähnten Vortrag, (Ber. üb. wiss. Biol. Bd. 50. S. 39) in welchem STETTER, ein Schüler und Mitarbeiter v. FRISCH meine Feststellungen über die absolute Unbeweglichkeit der Otolithen „eine blosse Annahme“ nennt und trotz diesen die Beweglichkeit der *Sagitta* für möglich hält.

Im Bezug auf dieses Referat habe ich schon in dem Nachtrag eines Aufsatzes (Acta Biol. Pars Zool. T. V. Fasc. 1—4 S. 99—153. Nachtrag S. 145—147. Szeged, 1939.) einige Bemerkungen gemacht. Ob die dort mitgeteilten Auseinandersetzungen den Herrn Referenten von der Wahrheit der Tatsachen überzeugt haben, ist wegen seiner Ungewandtheit in histologischen

Untersuchungen, zweifelhaft. Ihm übrigens zu überzeugen kann nicht meine Absicht sein, da, wie es in ihrer gemeinsamen Arbeit zu lesen ist (Z. vergl. Physiol. 17. 1932. S. 692), die Kontrolle der Schnittserien von v. FRISCH ausgeführt wurde.

Nach meiner Meinung muss bei einem geübten Mikroskopiker schon beim Anblick *zwei*er Mikrofotografien, die identische Details aus demselben Teil desselben Fisches gemachte Praeparate wiedergeben, klar erscheinen, welches Praeparat durch besseres Verfahren entstanden ist, und welches es ist, das dem im Leben charakteristischen Zustande treuer entspricht. Dieses letztere Praeparat muss natürlich auch an anderen Stellen des Objektes solche Besonderheiten zeigen, die von den früheren Forschern wegen der schlechten Ausführung ihrer Praeparate nicht beobachtet werden konnten.

Darum habe ich es vorgezogen statt vieler Worte und langer Auseinandersetzungen viele Praeparate in reichen und instruktiven Mikrofotografien wieder zu geben, die die Verhältnisse in ihrer wirklichen Gestalt zeigen und nicht nur mit den ähnlichen Praeparaten der letzten fünfzehn Jahre, sondern auch mit sämtlichen diesbezüglichen Abbildungen zu vergleichen, die nicht nur in Deutschland sondern auch im übrigen Auslande seit der Labyrinthforschung erschienen sind.

Aus der Art unserer Wissenschaft folgt, dass durch die Entwicklung der mikroskopischen Untersuchungsmethoden und durch die vergleichende Beurteilung der mikroskopischen Bilder nicht nur die bisher nicht gesehene feinere Beschaffenheit der lebenden Organismen geklärt wird, sondern auch die Lebensfunktionen der untersuchten Organe in ein neues und richtiges Licht gestellt werden.

Eine Menge von unbekannten Tatsachen ist während meiner Labyrinthuntersuchungen aufgetaucht, von welchen jene zuerst besprochen werden, die sich auf den schalleitenden Apparat beziehen.

Die Protocolumella und die Schalleitung.

Ich bin durch derartige Untersuchungen zu der Überzeugung gekommen, dass man, die so grosse Bedeutung besitzende Errungenschaft der vergleichend-anatomischen und

phylogenetischen Untersuchungen im Bezug des Funktionswechsels der Organe, eigentlich in seiner ursprünglichsten Form, wo noch beide ungetrennt in demselben Organ vorhanden sind, in den Knochenfischen aufzufinden vermag, wodurch eine reale Verwirklichung der Theorie in unserem mikroskopischen Bild ablesbar wird.

Nach vergleichend- anatomischen und phylogenetischen Betrachtungen ist das Mittelohr ein Apparat, der ursprünglich nur zur Atmung diente, der eine respiratorische Funktion hatte, durch Funktionswechsel aber in den Dienst der akustischen Aufgabe getreten ist.

Nun erweist es sich bei den Knochenfischen, dass mikroskopisch nachweisbare Bahnen vorhanden sind, die die Aussenwelt mit den Sinnesendstellen des Labyrinthes direkt verbinden.

Wie es nachgewiesen werden konnte, werden kollagene und grösstenteils elastische Fäserchen, die teils in der Wand der Kiemenarterien verlaufen, teils aber in der inneren Wandung der Kiemenhöhlenoberfläche sich ausbreiten, in der Nähe des vierten Kiemenbogens sammengesammelt und werden an der Oberfläche des Dorsalstückes (*Pharyngobranchiale* OWEN) desselben zu dem Schädelwandabschnitt geführt, der den Sacculus enthält. (Bild. I. 1. II. 4, 5, 6, III. 7, 8, 9, IV. 10, 10 a, 10 b. *pcol*). Bei *Lebistes* aber findet man noch ganz eigentümliche Einrichtungen: besonders gestaltete kleine warzenförmige Körperchen (B. V. 10 c—e) am Grunde des vierten Kiemenbogens, in welchen die Fäserchen aus allen Richtungen konvergent, wie die Strahlen im Brennpunkt der Linse zusammenlaufen. Aus dem Körperchen läuft ein dickeres Faserbündel (B. 10 c) nach der erwähnten *Pharyngobranchiale*, der *Protocolumella* hin. Im Faserbündel sind die Fäserchen dicht zusammengefasst, so, dass es ein knochenförmiges Aussehen zeigt. Das Fäserchenbündel nimmt so an der Bildung der *Protocolumella* teil, aber in solcher Weise, dass seine Absonderung von der übrigen Knochensubstanz streckenweise noch gut wahrnehmbar ist. Das Faserbündel wird in der Nähe des Schädels bzw. der *Fenestra sacculi* wieder in seine Fäserchen aufgelöst.

Bei dem *Lebistes* findet sich in dem lockeren Gewebe bei Kiemenhöhle, das unmittelbar der *Protocolumella* aufgelagert

ist, eine längliche Blase (B. IV. 10 a, 10 b, e), die als Resonator funktionieren soll, da ein Teil der erwähnten elastischen Fäserchen bei Kiemenhöhle zuerst in die Wand derselben gelangen und dann an der Oberfläche der Protocolumella weiter laufen.

Der Kiemenbogenabschnitt, der als ein der Columella ähnlicher Knochen im weichen Gewebe zwischen der Schädelwand und der Kiemenhöhlenoberfläche liegt, behält seine stylus-ähnliche Form und Verbindungsaufgabe bei, die übrigen Dorsalstücke der ersten drei Kiemenbögen aber zeigen starke Veränderungen.

Die mässigen Formveränderungen der Protocolumella, die neben der Hauptgestaltung — d. h. die Verbindung zwischen Schädel und Körperoberfläche — vorhanden sind, stehen in erster Linie mit den sehr variablen Lageveränderungen der Zahngebilde der Knochenfische im Zusammenhang.

Die direkte Verbindung einiger Zähne mit dem Labyrinth konnte auch nachgewiesen werden.

An jener Stelle des Schädels, wo das Kiemenbogenstückchen: die Protocolumella, mit demselben in Berührung kommt, verliert die Wandsubstanz ihre Kontinuität und es bildet sich in ihr ein ziemlich einheitliches primitives Fenster, die Fenestra sacculi (*Lebistes*: Textabb. 3, 4 fs), bei *Phoxinus* aber verlieren nur die Knorpelzellen ihren Zusammenhang und die Zwischenräume werden durch die, von dem Kopfe der Protocolumella kommende Fasermasse ausgefüllt, wie es auf den Bildern I. 1. II. 4. III. 7. und auf Textabb. 2. zu sehen ist.

Die Protocolumella der Knochenfische, die mit dem Hammer der Säugetiere homolog ist, ist fest verbunden sowohl mit der Oberfläche, als auch mit dem Labyrinth. Sie soll als accessorischer Apparat zur Zuleitung der Schallwellen zum Sacculus dienen, aber nicht dadurch, dass sie mit ihrer ganzen Masse in Schwingungen gerät, sondern, dass nur die an ihrer Oberfläche und in ihrem Inneren sich befindlichen Fäserchen bzw. Fäserchenbündel in Schwingung geraten.

Dass bei dem Gehör der Fische nur dieser einzige Weg vorhanden ist, auf welchen die Schallwellen dem Sacculusabschnitt des häutigen Labyrinthes zugeführt werden, folgt daraus, dass es beim *Lebistes*, — einem Nicht-Ostariophysen,

trotzdem aber gut hörenden Fische — keine andere Möglichkeit gibt und beim Ostariophysen *Phoxinus* ausser diesem nur der, seit 1820 zuerst von E. H. WEBER gedachte Weg, durch den Sinus impar übrig bleibt, welcher aber ganz anderem Zwecke dient, wie es bei der Besprechung des neu entdeckten Sinusorgans im Sinus impar vollständig klar und unbestreitbar nachgewiesen wurde. Die Besprechung des Sinusorgans folgt im III. Abschnitt dieser Arbeit.

Wir müssen also bei den Untersuchungen der Knochenfische in der Phylogenie der Gehörknöchelchen mit einem neuen Element, mit dem oberen Gliede des 4. Kiemenbogens rechnen, welches in unmittelbarer Verbindung mit dem Sacculus steht. Der Sacculus dagegen, wie eben die Operationsversuche v. FRISCH am schönsten zeigen, ist einer der beiden Hauptglieder des Labyrinthes bei der Gehörtätigkeit der Knochenfische.

Nach unserem Befund kann nicht behauptet werden, dass das stabförmige Plectrum (auch Stilus genannt) der Urodelen aus dem Hyomandibulare hervorgeht. Das Hyomandibula ist bei den Knochenfischen der Protocolumella vorgelagert gleichfalls vorhanden, und ein Bestandteil dieses stark und verzweigend entwickelten Knochenkomplexes tritt mit dem Utriculus, also nicht mit dem Sacculus in Verbindung.

Es ist schwer anzunehmen, dass unsere Protocolumella, die mit der Ohrkapsel in unverkennbarer Verbindung steht, während der phylogenetischen Entwicklung der Wirbeltiere sich verschiebt, oder ganz verschwindet, um dem Hyomandibulare ihren Platz zu übergeben. Wie sich das Hyomandibula zu dem Labyrinth bei den Knochenfischen verhält, und welcher der schalleitende Knochen der Lagena ist, werde ich bei nächster Gelegenheit schildern.

Es ist bemerkenswert, dass der Stylus der Protocolumella der untersuchten Knochenfische in einigen Fällen von einer Arterie durchbohrt wird, (B. II. 5, 6.) was sich bei dem *Lebistes* (B. IV. 10. a) in Form einer starken Einkerbung zeigt. Wie wir wissen, ist dieses Merkmal sowohl für die Columella der *Coecilien*, wie auch für die Columella einiger Sauropsiden gleichfalls charakteristisch, ist aber auch für den Stapes der Säuger gültig.

Was nun den weiteren Verlauf der, von der Protocollmella zu der Labyrinthwand geführten Fäserchen und ihr Verhalten in der Sinnesendstelle betrifft, wird bei der Beschreibung des mittleren Abschnittes des Sacculus (s_2) eingehend behandelt werden.

Aus den erwähnten Tatsachen und gleichzeitig aus den an Vögeln und Säugetieren gemachten Untersuchungen folgt das Postulat, dass auch bei den Landbewohnern im Grunde genommen die Schallüberführung in das Labyrinth der Fische ähnlich ist.

Wenn, nach der HELMHOLZschen Resonanztheorie, die in der Basilarmembran unter dem CORTischen Organ querverlaufenden einzelnen bindegewebigen Fasern als Resonatoren funktionieren, so können die bei den Fischen unter den Sinneszellen, teils in der primitiven Basilarmembrane verlaufenden Fäserchen, die aber unmittelbare Fortsetzungen der bis zur Oberfläche des Körpers verlaufenden Fäserchen sind, gleichfalls als auf Schallwellen reagierende Gebilde betrachtet werden, die die Schwingungen besser und schneller übertragen können, als die übrigen Körperbestandteile. So kommen wir zu der Auffassung, dass schon an der Oberfläche des Tieres Fasern vorhanden sind, die durch die im Wasser entstandenen Töne in Mitschwingung versetzt werden. Das sind spezifische Fäserchen des Gehörorgans, die mit der Eigenschaft der Irritabilität ausgestattet sind, bei welchen die Schalleitung auf die Art einer Molekularbewegung vor sich geht. Nach unserer Folgerung von dem Einfachen zu dem Komplizierten, wird also nicht das Trommelfell als physikalischer Körper schwingen und nicht die Gehörknöchelchen Massenbewegung machen, wie auch nicht die Perilymphe des Vestibulums und nicht die Endolymphe der Schnecke schwingen, die ihre Schwingungen schliesslich den Fasern der Basilarmembran übertragen sollen, sondern die Schallschwingungen in der Luft werden direkt von diesen Fasern aufgenommen, die bis zur Oberfläche reichen und kontinuierlich bis zur Sinnesendstelle gelangen. Durch diese Fasern werden die Schwingungen viel schneller weitergeleitet, die zwar auf weit geringeren Reiz, als der, der notwendig ist, die genannten Körper in Schwingung zu bringen, da die Fäserchen fähig sind auf viel feinere Effekte zu reagieren.

Die verschiedenen Einrichtungen dienen teils zur Verstärkung der Töne und sonstiger Schwingungen, teils aber auch zur Stütze der Fasern, die durch die Fenestrae in die Labyrinthwand eindringen.

Die Endolymphflüssigkeit aber, in welcher eine dauernde Sekretion der Epithelzellen und eine fortwährende Umwandlung der Sekretkörnchen stattfindet, dient zur Isolierung der Sinnesendstelle und zum Schutz gegen unmittelbare Erschütterungen, die die Leitbahnen bei ihrer Funktion stören könnten. Die Schutzfunktion einer Flüssigkeit innerhalb des Organismus ist in der Lebewelt allgemein bekannt, es sei nur auf die Embryonalentwicklung der Lebewesen und auf das Fruchtwasser der Amnieten hingewiesen.

Die Gliederung des Sacculus der Ostariophysen und die Membrana propria.

Was nun die Beschaffenheit des Sacculus der Karpfenfische betrifft: bei Untersuchungen am *Phoxinus* und *Rhodeus* wurde bewiesen, dass dieser, in drei Abschnitte differenzierte Labyrinthteil in grossen Zügen folgende Beschaffenheit hat. (Textabb. 1.)

1. *Der rostrale oder vordere Abschnitt des Sacculus* (pars rostralis sacculi, s_1), der sich von dem Canalis utriculo-saccularis bis zum hinteren Abschnitt des Utriculus erstreckt, liegt zwar in einer trichterförmigen Knochenhülle, doch steht er an einigen Stellen seiner Wand, wo die Knochensubstanz unvollständig ausgebildet ist, mit dem hinteren Abschnitt des Utriculus in Verbindung, in welchem sich einige gröbere Faserzüge unmittelbar fortsetzen.

Die Membrana propria fehlt also nicht, wie es WERNER (Z. wiss. Zool. 131. 1928. S. 529) annimmt, sondern wie die B. I. 1, 3. II. 4. zeigen, ist sie an der medialen Seite in beträchtlicher Dicke ausgebildet; noch dicker ist sie jedoch an der Spitze des Trichters. Die Wandung ist mit verschiedenen hohen Epithelzellen ausgekleidet, die sich an der medialen Seite bis zu kubischen erhöhen.

Es ist sehr eigentümlich, dass das rostrale Ende des Septum longitudinale sacculi (sl), das pflugschar- oder muschel-

fussähnlich ausgebildet ist, sich bis in den rostralen Abschnitt des Sacculus erstreckt (B. II. 4. rechts). Die Beweglichkeit und Formveränderungsmöglichkeit des Septum, habe ich auch schon früher (Verh. Dtsch. Zool. Ges. 40. Zool. Anz. Suppl. 11. 1938.) erwähnt.

Hier wird auch die Wandsubstanz des Labyrinthes, die Membrana propria besprochen, die nach den älteren Forschern (HASSE, RETZIUS) aus dem sog. „Spindelknorpel“ besteht. Nach meinen Untersuchungen aber ist die Wand des Labyrinthes der Knochenfische eigentlich ein Netzsystem von verschiedenen breiten Kapillaren, die in einer homogenen, dichten und elastischen Zwischensubstanz (Intervasculasubstanz) verlaufen. (B. I. 2.)

Die homogene Intervascularsubstanz enthält auch Fasern und ist in einem Streifen unter der Epitheloberfläche dichter beschaffen (Basalmembran HENLE bei Säugetieren). Stellenweise kann beobachtet werden, wie die homogene Intervascularsubstanz den bindegewebigen äusseren Teil der Labyrinthwand überschwemmt und umändert.

Das Kapillarennetzsystem, welches aus verschiedenen breiten Aestchen besteht, zeigt mit Immersionsystemen untersucht, auch noch in den, mit kleineren Vergrösserungen homogen scheinenden Maschen, schön nachweisbare feinste Aestchen, als lichte Fädchen. Die Kapillaren enthalten Blutelemente, verschiedene Zellen und deren Derivate als verschiedene Gruppen von stärker lichtbrechenden aber schwer färbbaren Körnchen.

In der Wand der Kapillaren oder an der äusseren Wandoberfläche derselben laufen Fäserchen, die sich mit WEIGERTS Resorcinfuchsin dunkelviolet bis schwarz färben, es befinden sich aber auch solche Fäserchen, die mit BETHE-schen Toluidinblau gefärbt, als Neurofibrillen betrachtet werden müssen. Nach vitaler Methylenblaufärbung ist ein schönes Netz mit Varicositäten nachweisbar.

2. *Der mittlere Abschnitt des Sacculus* (pars media sacculi s₂) ist ein sehr wichtiger Teil in Beziehung der Aufnahme von Tonschwingungen, da bei diesem Teil die Verbindung mit der Aussenwelt durch elastische und collagene Fasern sicher nachgewiesen werden kann.

Über den mittleren Sacculusabschnitt, in welchem der die

vier Flügel haltende Teil des Otolithen liegt, wird noch im II. Teil meines Aufsatzes genauer die Rede sein.

Hier sei nur so viel bemerkt, dass der mittlere Abschnitt zwei, durch das Septum longitudinale vollständig getrennte, etwas gewunden verlaufende Kanälchen enthält, von welchen das eine dem eigentlichen Sacculus angehört, das andere aber die unmittelbare Fortsetzung des Canalis transversus bildet. Der Canalis transversus der sich in den Canalis utriculo-saccularis fortsetzt (B. II. 4. links, B. III. 7.) stellt einen unmittelbaren Weg zur Macula neglecta Retzii dar. Die Kanälchenhälften (*ct. s₂*) kommunizieren nicht in ihrer Länge miteinander, sondern nur durch den vorderen Sacculusabschnitt.

3. *Der hintere oder caudale Sacculusabschnitt* (*pars caudalis sacculi s₂*) ist der bemerkenswerteste für uns, da hier eine ganz eigentümliche Sinnesendstelle des Sacculus der Ostariophyten Knochenfische, die „*Vesicula saccularis caudalis*“, entdeckt wurde, welche ich schon in meinem in Gießen gehaltenen Vortrag als „eine im hinteren Sacculusabschnitt, bisher unbekannte Sinnesendstelle des Labyrinths von *Phoxinus*“ demonstriert habe. (Ver. Dtsch. Zool. Ges. 40. Zool. Anz. Suppl. 11. 1938. S. 205.)

Die meisten Forscher haben hier ausser dem Maculaepithel nur das stabförmige Otolithenende gefunden, welches nach DE BURLET und den münchener Zoologen „in einer gallertigen Masse eingebettet sozusagen die Drehungsachse des vorderen Teiles abgibt“. (Z. Anat. 89. 1929. S. 17.) Die Sache aber steht ganz anders.

Die *Vesicula saccularis caudalis*.

Im hinteren, sackförmig ausgebildeten Teil des Sacculus (Textabb. 1. *s₂*) ist über der medial liegenden Macula sacculi eine gut ausgebildete längliche Blase vorhanden, deren Wandung aus feinen Fäserchen besteht und ziemlich verschiedene Dicke hat. Die grösste Dicke der Blase misst 35 μ . Über den ventralen Rand der Blasenwand (B. VI. 11, 12. VII. 13—15.) erstreckt sich die Spange der Sagitta (*so*), die aber mit der Blasenwand in enger organischer Verbindung steht, indem die Fäserchen der Blase sich in dem Otolithen fortsetzen, oder man kann sa-

gen, dass sich die Fäserchen der Blase zum Körper des Otolithen verkalken. (B. VIII. 17, IX. 18, bei *t* und *so*).

Sowohl die Vesicula, als auch der Otolith werden von einer gallertigen Substanz umgeben, die letzten Endes auf zarte gallertige Kapillaren zurückzuführen sind, die ihren Ursprung in den lockeren Lymphkapillaren oder Saftkanälchen der Sacculuswand haben. (Textabb. 5. *gc* +). Da in diesem Falle über der Macula eine gut ausgebildete Blase vorhanden ist, kann das Tektorialgebilde „Vesicula tectoria“ genannt werden.

Was nun den Ursprung der die „Vesicula tectoria“ bildenden Fäserchen betrifft, so sind es:

a.) Fäserchen, die sich von der Wand der Gefässkapillaren abfasern, die reichlich unter der Basallamelle vorhanden sind und ein stark verzweigtes Kanalsystem bilden (B. VII. 14 v. VIII. 16 und Textabb. 5. *v*.)

Die unter der Basallamelle (Textabb. 5. *mb*.) befindlichen Kapillaren sind bei derselben Lichtung von sehr verschiedener Wanddicke, und zeigen einen steten Übergang von ganz dünnwandigen bis zu dickwandigen Querschnitten. Diese Verschiedenheit ist aber nicht auf die, zwischen den Arterien und Venen vorhandene zurückzuführen, sondern darauf, dass sich von der einen Kapillarenwand mehr Fäserchen ablösen, als von der anderen.

Die Kapillarwände sind im Querschnitt gesehen geschichtet, die einzelnen Schichten bestehen aus Fäserchen, deren Abzweigungen sowohl in fixierten als auch in vivo untersuchten Praeparaten schön zu verfolgen sind. Die Abzweigung der Fäserchen geschieht immer im rechten Winkel auf die Wandoberfläche, also unter einem Winkel von etwa 90° auf die Wandrichtung der Kapillaren.

Eine grössere Menge solcher Fäserchen läuft besonders beim ventralen Marginarium die Basalmembran durchbrechend hinauf, weiter zwischen den Maculaepithelzellen der Vesicula wand zu, ja auch in den Otolithenstab hinein, wie es bei Textabb. 5. zu sehen ist.

b.) Ausser den erwähnten Fäserchen, die die Hauptmasse der Vesicula tectoria bilden, sind als zweiter Bestandteil derselben die feinen Lymphkapillaren zu erwähnen, die als ganz dünnwandige zarte Röhrchen an den Seiten der Vesicula bei ihrer

Verbindung mit dem Maculaepithel stets stark zusammenfallen, in den oberen Wandteilen aber zwischen den Fäserchen als breitere Kanälchen schön zu verfolgen sind. Ebenso sind sie nachweisbar zwischen den Epithelzellen des Marginariums (*mg₂*), als breite lichte bauchige Spalten. Sie bilden in der Vesiculawand ein lockeres Netz (*cap*), hie und da mit blinden Ausläufern. Sie sind breiter, als die im Epithel befindlichen feinsten Blutkapillaren, die Mikrokapillaren.* Begleitet werden die breiteren Lymphkapillaren von einem Faserbündel, dessen sehr feine Fäserchen durch WEIGERTS Resorcinfuchsin dunkel violett gefärbt werden.

c.) Als dritter Bestandteil der Vesicula tectoria konnten zarte Fädchen nachgewiesen werden, die neben den früher erwähnten Kapillaren verlaufen und in die Tectoria eindringen. Diese Fädchen haben ganz die Färbung und das Aussehen zarter Neurofibrillen, die mit den im Epithel befindlichen Nervenfasern im Zusammenhang stehen. (Textabb. 5. *cap. f.*)

Die ganze Vesicula tectoria, die eine feine poröse Beschaffenheit hat, ist von einer gelatinösen Hülle umgeben (*gc*), wie es schon erwähnt wurde. In der gelatinösen Hülle sind Blutelemente (*lc*) in verschiedenen Zersetzungsstadien, sowie an ihrer Oberfläche Sekretkörnchen (*se*) vorhanden. Man kann in der Gelatinhülle die Bildung feinsten Fäserchen bzw. Lamellen (*gf*) nachweisen, die an der Oberfläche der Vesicula zur Verdickung derselben dienen.

Die sich von den subbasalmembranal Gefäßkapillaren abzweigende Fäserchen die durch die Membrana basalis durchdringen, rufen in derselben eine dichte Querschichtung hervor (Textabb. 5. *mb.*)

Die durch die Basalmembran durchdringenden Fäserchen laufen weiter nach oben in die lockere Schicht hinein, die unter dem Niveau der Epithelzellen gebildet wird, und hauptsächlich aus einem Geflecht von ziemlich breiten aber sehr zarten und darum leicht veränderlichen Lymphkapillaren und aus einem Geflecht von verschieden dicken Nervenfaserbündeln besteht. Aus dieser Schicht laufen die Gefäßwandfäserchen zwischen den Maculaepithelzellen bis zur Maculaoberfläche, wo

* Mikrokapillaren nenne ich die feinsten Blutkapillaren, die schon die Blutkörperchen nicht passieren lassen.

sie als feine Härchen in einen abgeschlossenen Raum heraustrücken, den wir Subtectorialraum (Textabb. 5. st) nennen werden.

In den Subtectorialraum gelangen aber auch solche Fäserchen (*f*), die etwas stärker sind als die oben erwähnten und die Fortsetzung derselben im Epithel als feine Kapillare nachweisbar ist.

Die in den Subtectorialraum eindringenden Fäserchen haften teilweise der unteren Oberfläche der Tectoria an, so dass sie wie Harfensaiten aussehen. Schön ausgespannte Saiten kann man besonders in der Nähe des Otolithenstabes in der Ecke zwischen dem Maculaepithel und dem Otolithen sehen, also dort, wo die Distanz zwischen Epitheloberfläche und Anhaftungsstelle noch ziemlich kurz ist. Stellenweise sind auch bei den mittleren Teilen der Maculaoberfläche sowohl feinere, als auch dickere Fäserchen zu finden, die zwischen der Epitheloberfläche und Vesicula tectoria ausgespannt sind, aber durch das Zusammenfallen der Vesicula etwas schlängelnden Verlauf haben. Viel grösser an Zahl sind jedoch die sehr feinen Härchen, aus welchen je eines nur hie und da zur Tectoria reichen, aber in der Menge als dichter Wald über dem Epithel lagern. Dies sind also die Fäserchen der zerfaserten Kapillarenwände. Ob die sehr feinen Härchen im Leben nur bis zu der Höhe reichen, welche das fixierte Bild zeigt, oder ob sie ausgespannt hinaufreichen bis zur Tectoria, die dann nach der Fixierung zusammengezogen, zerrissen sind, konnte nicht mit Sicherheit festgestellt werden. Beweise sind reichlich vorhanden auch für den ersten Fall, aber es ist eine viel grössere Zahl von Präparaten da, in welchen ein ziemlich hoher und freier Faserwald zu sehen ist.

Jedenfalls konnte konstatiert werden, dass die Höhe der Härchen bei verschiedenen Individuen des *Phoxinus* trotz des gleichen mikrotechnischen Verfahrens verschieden ist. Ungleichmässigkeiten in der Fasernlänge finden wir auch bei *Silurus*, wo im Allgemeinen viel höhere Fasern zu finden sind.

Was nun die Verhältnisse der Innervation des Sinnesorganes betrifft, so können wir Nervenfibrillen finden, die 1. aus dem Maculaepithel hervortreten, und bis zur Tectoria reichen, 2. die über die Oberfläche des Epithels emporkommend im Subtecto-

rialraum zwischen den, über dem Epithel befindlichen Fasern („Haaren“) des Fäserchenwaldes frei endigen. Diese Fibrillen entsprechen den, von den früheren Forschern (CAJAL 1904. u. a.) bei Hühnerembryonen entdeckten freien Ausläufern, die aber in: meinen Praeparaten mit Kreosothaemalaun gefärbt wurden. Gleichfalls mit Kreosothaemalaun konnte ich um die „Haarzellen“ herum, welche nach meinen Untersuchungen eigentlich Drüsenepithelzellen sind, die dritte Art der Nervenendigungen, nämlich ein ziemlich breitmaschiges Netz sichtbar machen, welches bis zum distalen Ende der Epithelzellen reicht und ein Kapillarennetz um die Epithelzellen verfolgt.

Diese Netzformation entspricht den zu den epithelzellen hinzutretenden Nervenfasern, den perizellulären Endstrukturen, die z.B. durch das Imprägnationsverfahren von BIELSCHOWSKY und BRÜHL (1907) um die Haarzellen nachgewiesen wurden. Diese Netzformation steht bei den von mir untersuchten Fischen mit einem feinen Neurofibrillengitter in Zusammenhang, dessen Lagerung unter der Cuticularobefläche des Maculaepithels parallel derselben gerichtet ist.

Wie sich aus dem Verhalten der Nervenfibrillen zu dem Härchenwald der Fäserchen schliessen lässt, kann behauptet werden, dass 1. jede Bewegung der Kapillarwände auch die in Subtectorialraum befindlichen Nervenfasereindigungen berühren muss, da die Gefässfibrillen meistens im Kontakt mit den Nervenendigungen stehen, wodurch der Reiz auf diese übertragen, und von den Nervenfibrillen zu den Nervenzellen weitergeleitet wird. In den Nervenzellen endlich findet die Umsetzung der mechanischen Bewegung in physiologische Nervenerregung statt.

Wir müssen also nach diesen Befunden in der im hinteren Abschnitt des Sacculus sich befindlichen Macula samt der Vesicula tectoria ein Sinnesorgan annehmen, welches auf die Bewegung der Gefässwände anspricht. In den Bewegungen des Gefässsystems müssen nämlich sämtliche Bestandteile desselben teilnehmen und die Bewegungen auch auf die feinsten Fibrillen der Wände übergehen, die eine direkte Fortsetzung seiner Wand bilden.

Dass das Sinnesorgan auf den in den Gefässen vorhandenen Blutdruck zu reagieren vermag, folgt zweifellos aus

seiner vollkommenen Abgeschlossenheit und aus den Verhältnissen und dem Zusammenhang, in welchen in ihm die Kapillaren und Nervenelemente stehen.

Dass der Subtectorialraum vollkommen abgeschlossen ist, wird durch die Mikrofotogramme der Praeparate (B. VII. 13—15, VIII. 17, XI. 22, 23) zweifellos bestätigt. Die schalenförmig gebildete hintere Maculahälfte ist an ihrem caudalen, aufbiegenden Ende (B. 17, 18) vom dünnen Rande der Vesicula tectoria gedeckt, einer dünnen Membran, die von Fasern gebildet ist, welche zwischen den und durch die radiär gestellten Epithelzellen verlaufen und dem kaudalen Ende des Sagittastieles gerichtet sind. Die Fasern stammen von der Wand der Sacculus-artie. (B. VIII. 17. *av.*) Der Abstand des Otolithenstieles vom Epithel ist gering, meistens 2μ . Man kann Schnitte finden, wo aus dem Epithel austretende zarte Kapillaren mit dem Otolithen in Verbindung stehen. In ihrer Achse befindet sich ein feiner Streifen solcher Substanz, die nach verschiedenen Färbungen mit der Substanz des Otolithen identisch zu sein scheint, um so mehr da sie durch Apposition die Substanz des Otolithen vergrößert. Dass die Faser der Vesicula tectoria auch den Faserbestandteil des Otolithen bilden ist bei Bild. 17. 18 (*so*, *t*) schön zu sehen.

Die Vesicula tectoria setzt sich rostralwärts in die Otolithenmembran der vorderen Maculahälfte (mittlerer Sacculusabschnitt) fort, aber schliesst das rostrale Ende der hinteren Maculahälfte ab, wie es bei Bilder 20—23 (*t*) zu sehen ist. Das Maculaepithel verschmälert sich hier ziemlich und die Zellen werden bedeutend niedriger, wie es bei Bild 22—24. veranschaulicht ist. Die Vesicula tectoria ist ganz an den Epithelzellen der schalenförmig gebildeten Macula angeschmiegt. Über sie breitet sich aber der Otolith stark aus und bildet eine eigentümliche Verdickung (B. X. 21. links und mit stärkerer Vergrößerung B. XI. 23. *so*.) An dieser Stelle befindet sich nämlich der Übergang zu dem geflügelten Abschnitt des Otolithen, weiterhin die Verwachsung der weichen Labyrinthwände und zwar des Septum longitudinale sacculi (*sl*) und des mittleren Wandabschnittes des Canalis transversus (*ct*). Die Umhüllung des Otolithenästchens von einem Teil des Septum ist auf Bild XI. 23 und XII. 24. schön zu sehen.

Der Inhalt des Subtectorialraumes ist eine homogene Substanz die gegenüber dem Inhalt des Sacculusraumes konsistenter und visköser ist. Diese homogene Substanz verändert ihre Ausdehnung, indem sie bald bis zur Höhe der „Haare“ reicht, bald aber den ganzen Hohlraum ausfüllt. Man kann im Subtectorialraum gelegentlich ein lockeres Lakunensystem, immer aber Sekretkörnchen finden die in verschiedenen Schnitten, nach ihrer Menge und Beschaffenheit verschieden sind. Sekretionstätigkeit können wir noch bei den, den Sacculus auskleidenden Epithelzellen finden; diese Sekretkörnchen sind aber ihrem Aussehen und Struktur nach von denen im Subtectorialraum vorhandenen, abweichend. Da von aussen kein Sekretkörnchen in den Subtectorialraum gelangen kann, so können sie nur von den Maculaepithelzellen stammen. Röhrenchenförmige Verlängerungen können zwischen und auch über den Maculaepithelzellen bemerkt werden. Diese Fortsetzungen über den Epithelzellen fallen aber zusammen und bilden dann ein haarähnliches Gebilde (Textabb. 5. bei *c.* und *1.*). „Haare“ werden als Kutikulargebilde über den Epithelzellen und zwar aus der schmalen Kutikularschicht gebildet, welche als eine zusammenhängende hautartige Schicht über den Epithelzellen liegt, wie eine ähnliche Schicht über den Darmepithelzellen der Wirbeltiere. Die verschiedenen Formen der „Haare“ sind auf Textabb. 5. 1—5. wiedergegeben.

Als wichtigstes, betreffs der feineren Beschaffenheit der Haargebilde im Labyrinth sei hervorzuheben, dass ein Unterschied gemacht wird zwischen Haaren die eigentlich Faserfortsetzungen darstellen und Haaren die durch eigentümliche Formationen der Kutikulardeckung gebildet werden. Diese letzteren sind Röhrenchengebilde in verschiedenen Erscheinungszuständen.

Wir müssen im Anschluss an die hier veröffentlichten Bilder (B. 25—30.) noch einiges über den ventralen Flügel bzw. Fuss des Otolithen bemerken. Dass der ventrale Fuss mit dem Maculaepithel in Verbindung steht, habe ich schon früher (1938. S. 196 u. ff. Abb. 1.) ganz klar nachgewiesen. Dieser Flügel bzw. Fuss kann als „freier Flügel zum Auffangen der Schallwellen“, wie ihn übereinstimmend mit DE BURLET die münchener Zoologen nennen (v. FRISCH 1938. p. 705.), nur von den For-

schern genannt werden, die bessere Praeparate als jene, die ihrer Auffassung Grund gegeben haben, nicht sehen konnten.

Das Bild. 25. zeigt deutlich, wie der Lagenolith indirekt auch das Maculaepithel des Sacculus deckt. Sämtliche Bilder zeigen deutlich die innere Struktur des Lagenolithen, die Kammerbildungen, durch welche m. Erachtens die Schutzwirkung gegenüber den mechanischen Wirkungen besser entfaltet werden kann. Diese Bilder sind stark abweichend von denjenigen des Lagenolithen in den neueren Abhandlungen, die als geschrumpfte stark gefärbte kompakte Klumpen photographiert werden. (FRISCH 1938. Abb. 6. S. 707, Abb. 7b. S. 710. u. a.)

Wie das Bild. XII. 25. und andere Querschnitte zeigen, ist die blasige, kammerhaltende Beschaffenheit des Lagenolithen über dem Sensorialteil der Macula lagenae am prägnantesten ausgebildet.

Bei dem Marginarium ist die deckende Partie des Otolithen schon ganz schmal. Wie das Bild. XIII. 26. zeigt, hört dort, wo das Foramen sacculo-lagenare (*for*) sich auszubilden anfängt, auch der Lagenolith (*lo*) auf, im Sacculusraum (*s₁*) dagegen fängt der ventrale Flügel, bzw. Fuss (*v*) sich an auszubilden und zwar zuerst das mit dem Epithel in Verbindung stehende Ende desselben. In Serienschritten ist es schön zu verfolgen, dass je breiter das Formen wird, umso mächtigere Ausbreitung der ventrale Flügel (*v*) erreicht, welcher dann das ventrale Marginarium der Macula sacculi deckt. Die mit Epithel in Verbindung stehende distale Kante des ventralen Flügels zieht also weiter caudalwärts, als sein, den Stab oder Rumpf berührender proximaler Teil. Infolgedessen treffen wir in transversalen Schnitten zuerst kleine selbständige Schnittstücke, wie die Praeparate (B. VIII. 26. rechts v. und B. 27—28 rechts und links v) zeigen.

Bei eingehender Untersuchung kann festgestellt werden, dass die Ursprungsstelle des Flügels auf die Kapillaren zurückzuführen ist, welche in der Nähe des ventralen Flügels in der Labyrinthwand immer aufzufinden ist. Eine Abzweigung der schwach färbbaren Wand dieser Kapillare bildet das Verbindungsmaterial des Otolithen mit den Epithel, und zeigt nach ihrer Gestaltung verschiedene Endigungsform des gut färbba-

ren Flügels, mit welcher er das Epithel berührt. Das Ende des Flügels im Querschnitt kann röhrenförmiges oder halbmondförmiges Aussehen haben, kann ins Epithel eindringen, kann sich aber etwas verzweigen, wie es auf B. XIV. 29. zu sehen ist. Nach Schrumpfung jedoch kann er verschieden weit von Epithel stehen, wie es ausnahmsweise sogar in meinen Praeparaten zu sehen ist.

Bei stärkerer Vergrößerung (B. XIV. 30) ist der Zusammenhang der schwach färbbaren Flügelbestandteile mit den unter ihm befindlichen Kapillaren gut zu verfolgen, und es ist klar sichtbar, wie durch gutes mikrotechnisches Verfahren die Beschaffenheit des Flügels und seine Verbindung mit dem Epithel wiedergegeben werden können.

Das von dem ventralen Flügel gedeckte Maculaepithel stellt ein zweireihiges Drüsenepithel dar, welches bei den *Siluriden* ziemlich dünn in Querschnitt ist, bei dem *Phoxinus* aber stellenweise bedeutend hohe Zellen aufweisen kann. (B. XIV. 29, 30. mg.). In diesem Drüsenepithel ist die Produktion der Sekretkörner auffallend (B. XIV. 29). Unter diesem „Randepithel“ befindet sich ein Hohlraum mit ziemlich dickflüssigem Inhalt, in diesem aber ein elastisches Maschenwerk, aus sehr feinen, mit WEIGERTS Resorcinfuchsin violett gefärbten Fasern. Die Fasern, die aus dem Perioste des Occipitale basale entspringen, dringen durch das Randepithel und bilden teilweise den Faserbestandteil des ventromedialen Flügels (Fusses) des Otolithen, teilweise aber bilden sie an der inneren Oberfläche des ventromedialen Flügels (*mv*), ein dichtes Fasergerüst, welches im Subtectorialraum durch seine Färbung und Beschaffenheit schön hervortritt. Zuletzt laufen Teile dieser elastischen Fasermenge unter dem Maculaepithel des Sacculus also in Membrana propria fort und bilden hier ein lockeres Netz, aus welchem Verzweigungen durch das Sinnesepithel gleichfalls in den Subtectorialraum gelangen. Dies ist die Fasermasse, die mit der Protocolumella in Verbindung steht wie es schon früher auch bei *Lebistes* mitgeteilt wurde (FARKAS 1938.).

Wir können also in subotolithischen Raum des mittleren Sacculusabschnittes die Ausbildung eines Netzsystems der zuleitenden Fäserchen feststellen.

Über das, schon in diesen Bildern veranschaulichte Or-

ganum sinus imparis (os) wird in der nächsten Abhandlung eingehend berichtet.

Erklärung der Mikrophotogramme auf den Tafeln I—XIV.

Die Mikrophotogramme wurden mit Hilfe der *Romeis-Reichert* Kamera und mit Anwendung von verschiedenen Objektiven und Okularen aufgenommen. Die Reproduktion geschah nach Abzügen von den unretuschierten Originalplatten.

Fixierung: Formol-Alkohol (70% alk. 100 ccm + Formalin (Scheering) 10 ccm.

Einbettung: Celloidin-Paraffin. Die Schnitte waren 2—15 μ dick, und mit Kreosothaemalaun-Pikrinsäure-Fuchsin S. (Kh. P. F. *Farkas*); *Biondi-Ehrlich-Heidenhain* (B. E. H.), Resorcinfuchsin *Weigert* gefärbt.

1—9 Elritze (*Phoxinus laevis* Agass.)

1. Querschnitt durch den vorderen Abschnitt des Sacculus (s_1) Kh. P. F. Obj. Apochr. 8m/m. Leitz, Comp. Oc. Zeiss. IV.

2. Teil eines Querschnittes durch die mediale Wand des linken Sacculus in der Nähe der Canalis utriculo-saccularis. Res.-fuchsin *Weigert*, $\frac{1}{12}$ " Homog. Imm. Reichert Comp. Oc. IV. Zeiss.

3. Teil eines Querschnittes durch die untere mediale Wandpartie des Sacculus, ungefähr wie bei Abb. 1. Färbung: Kh. P. F. Vergr. wie bei Abb. 2.

4. Etwas schräg getroffener Querschnitt durch den Kopf der Elritze an der Stelle, wo der Canalis transversus (ct) in den Canalis utriculo-saccularis (cus) übergeht (links). Rechterseits ist der Übergang schon abgesperrt und das Lumen liegt zwischen dem mittleren und dem vorderen Sacculusabschnitt. Unten die beiden Protocolumellae.

Kh. P. F. Apochr. 16m/m Leitz, Comp. oc. IV. Zeiss.

5., 6. Partien aus zwei nacheinander folgenden Horizontalschnitten durch die rechte Protocolumella (pcol) mit durchdringender Kiemenarterie (ka).

7. Partie aus einem transversalen Schnitt durch den linken Labyrinth mit der Protocolumella bei dem Übergang zwischen dem Canalis transversus und dem Canalis utriculo-saccularis bzw. Utriculus Kh. P. F. Obj. 3. Reichert, Oc. Huygh. II. Reichert.

8. Distale Partie der Protocolumella mit Ansammlung der elastischen Fäserchen. Res. fuchs. *Weigert*. Obj. Apochr. 4m/m corr. Leitz Comp. Oc. IV. Zeiss.

9. Partie aus einem transversalen Schnitt durch den mittleren Abschnitt (s_2) des Sacculus. Färb. Verg. wie bei Fig. 7., der Schnitt ist aber aus einer anderen Elritze verfertigt.

10—10e. Schnitte durch verschiedene Teile des Kopfes der Guppy (*Lebistens reticulatus* Pet.)

10. Partie aus einem Horizontalschnitt durch den Kopf der Guppy in der Höhe der Bulla sacculi, bei der Berührung derselben mit der Protocolumella.

Fixierung, Färbung wie bei Abb. 7. Vergr. Obj. aa Zeiss Comp. Oc. IV. Zeiss.

10a. Partie aus einem transversalen Schnitt durch den Kopf bei der Berührung der Protocolumella mit dem, den Sacculus enthaltenden Schädelteil.

Kh. P. F. Obj. Apochr. 8m/m. Leitz, Comp. Oc. IV. Zeiss.

10b. Das Bild zeigt die resonierende Blase (e) bei der Protocolumella, mit elastischen Faserzügen an ihrer Oberfläche, die dann später an der Oberfläche der Protocolumella zur Fenestra sacculi und durch diese zur Macula sacculi verlaufen.

Weigert Res.-fuchs. Obj. Apochr. 4m/m. corr. Leitz. Comp. Oc. IV. Zeiss.

10c. Partie aus einem transversalen Schnitt durch die 4. Kiemenwurzel. Rechts der Kiemenhöhle ist die Warzenbildung aus konvergenten Fäserchen und die Faserschnur zu der Protocolumella zu sehen. Kh. P. F. Obj. Apochr. 4m/m. corr. Leitz, Comp. Oc. IV. Zeiss.

10d. Warzenbildung aus einem anderen Tiere und in etwas abweichender Erscheinungsform wie bei Fig. 10c.

10e. Warzenbildung wie bei 10 d. Färbung und Vergrößerung wie bei 10c.

11–20. Schnitte durch den hinteren Kopfabschnitt der Elritze (*Phoxinus laevis* Agass.)

11. Transversaler Schnitt des Kopfes durch die hintere Labyrinthregion. Querschnitt durch die Lagna und den caudalen Sacculusabschnitt (s_3) mit Beginn der Vesicula saccularis caudalis.

Färbung Kh. P. F. Vergrößerung: Apochr. 16m/m. Leitz, Comp. Oc. IV. Zeiss.

12. Schnitt aus derselben Serie, wie das Praeparat der Abb. 11., aber cca 65 μ vor diesem im rostraler Richtung.

Färbung und Vergrößerung wie bei Abb. 11.

13. Schnitt aus der Serie des Praeparates der Fig. 11. aber cca 120 μ vor diesem in rostraler Richtung.

Auffallend ist die Zunahme der Vesicula saccularis caudalis und die Struktur des Lagenolithen, der bei den früheren Forschern als dunkler Patzen erscheint. Im Atrium sinus imparis das Sinusorgan (so). Färbung und Vergrößerung wie bei Abb. 11.

14–15. Querschnitte durch die Vesicula saccularis caudalis ungefähr durch ihre Mitte Kh. P. F. Vergr. Obj. $\frac{1}{12}$ " homog. Immers. Reichert, Comp. Oc. IV. Zeiss.

16. Querschnitt durch die Vesicula saccularis caudalis wie bei Abb. 15. aber aus einem anderen Tiere und mit Weigerts Res.-fuchs. gefärbt. Vergr. Obj. Apochr. 4m/m. corr. Leitz. Comp. Oc. IV. Zeiss.

17–19. Horizontalschnitte aus der Schnittserie durch den Kopf in welchen die Vesicula saccularis caudalis in der Länge getroffen ist. Färbung Kh. P. F. Vergr. Obj. $\frac{1}{12}$ " Homog. Imm. Reichert, Comp. Oc. IV. Zeiss.

17. Partie aus dem Endteil der linksseitigen Vesicula saccularis caudalis mit der Macula, der Vesicula tectoria und Otolithenstabes.

18. Wie bei Abb. 17. aber aus der rechtsseitigen *Vesicula saccularis caudalis*.

19. Partie aus der *Vesicula tectoria*, mit Sekretkörner im Subtectorialraum.

20—21. Horizontalschnitte durch den Kopf in der Höhe des Occipitale basale mit Längsschnitten der *Vesicula tectoria* der Lagenae und des *Canalis transversus*. Oben: Chiasma einer *Acusticus* Verzweigung. Färbung Kh. P. F. Verg. Obj. Apochr. 16m/m. Leitz, Comp. Oc. IV. Zeiss.

22—24. Partien aus der Schnittserie durch das der Länge nach geöffnete rostrale Ende der *Vesicula saccularis caudalis*.

22. Das rostrale Ende der *Vesicula saccularis caudalis*. Kh. P. F.

Apochr. 4m/m. corr. Leitz, Comp. Oc. IV. Zeiss.

23. Partie aus dem rostralen Ende der *Vesicula saccularis caudalis*.

Die Angrenzungsstelle des *sacculo-lagenaren Vestibulum*s, des *Canalis transversus* und der *Vesicula saccularis caudalis*, sowie die Verwachsung des Otolithen mit dem Längsseptum zeigend.

Obj. $\frac{1}{12}$ " Homog. Imm. Reichert, Comp. Oc. IV. Zeiss.

24. Wie bei Abb. 23 aber aus einen anderen Schnitt der Serie.

25—28. Transversalschnitte durch das hintere Ende des Kopfes. Querschnitte durch das Labyrinth, die verschiedene Gestaltungen des Foramen *sacculo-lagenare* darstellen und die Verhältnisse des ventralen Flügels bzw. Fusses zum Epithel zeigen.

Kh. P. F. Vergr. Apochr. 16m/m Leitz, Comp. Oc. IV. Zeiss.

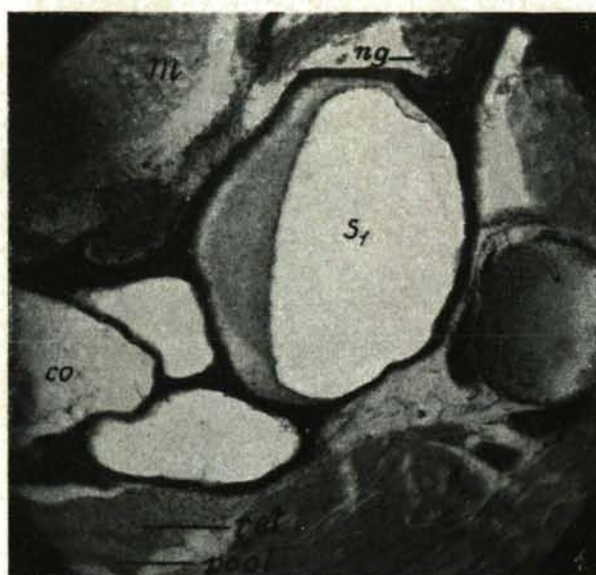
29. Querschnitt durch die *Macula sacculi* und den *Saccolithen* bei welchem der lateroventrale Flügel (Fuss) schon vollständig, der dorsomediale Flügel (Fuss) aber noch nicht ausgebildet ist. Der das elastische Netzwerk enthaltende Hohlraum ist gut zu sehen, wie auch die Fäserchen und die Sekretkörnerchen über dem ventralen *Marginarium*.

Die weissen Schichtungslinien im Otolithen sind nach dem originalen Praeparat mit weiss nachgezogen.

Obj. Apochr. 4m/m corr. Leitz, Comp. Oc. IV. Zeiss.

30. Partie aus dem Querschnitt des hinteren *Sacculusabschnittes* Bild 27. links (s_2), aber mit stärkerer Vergrößerung.

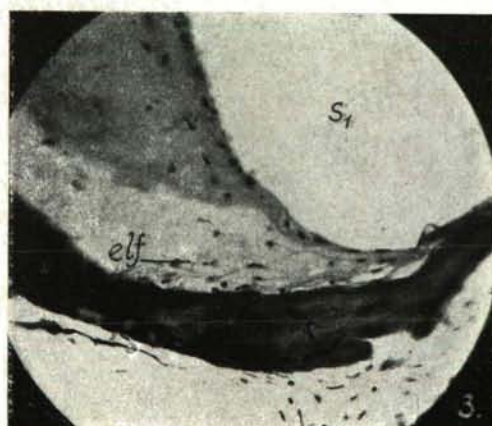
Kh. P. F. Vergr. $\frac{1}{12}$ " Homog. Imm. Reichert, Comp. oc. IV. Zeiss.



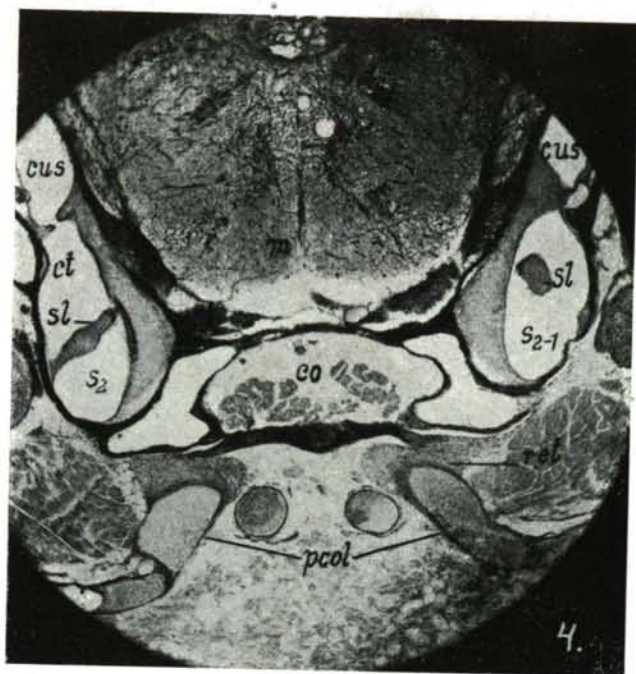
1. kép.



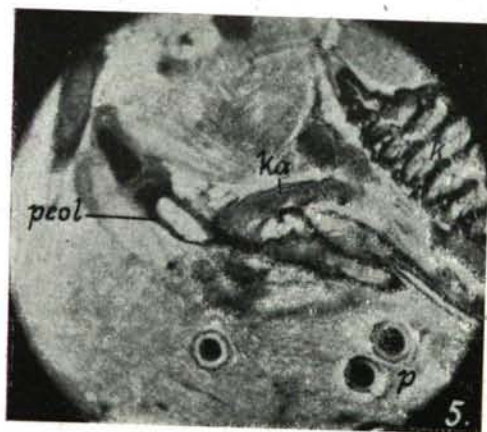
2. kép.



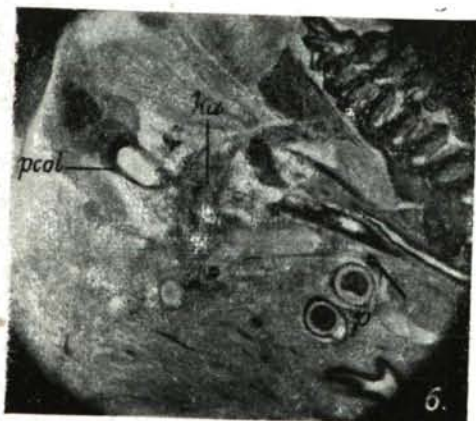
3. kép.



4. kép.

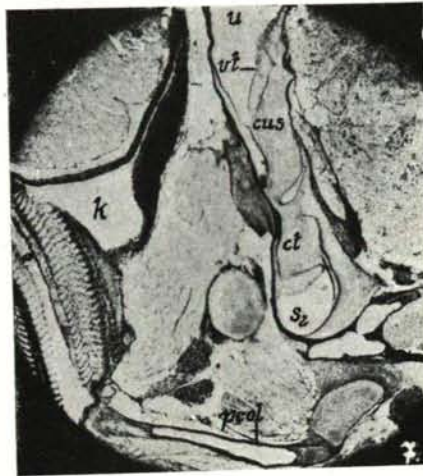


5. kép.

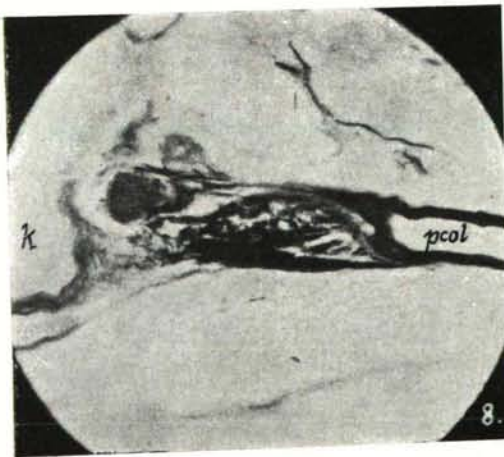


6. kép.

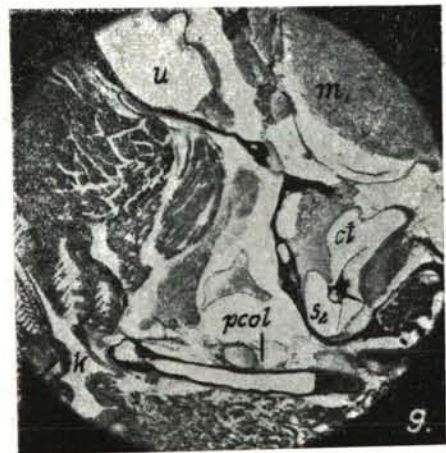




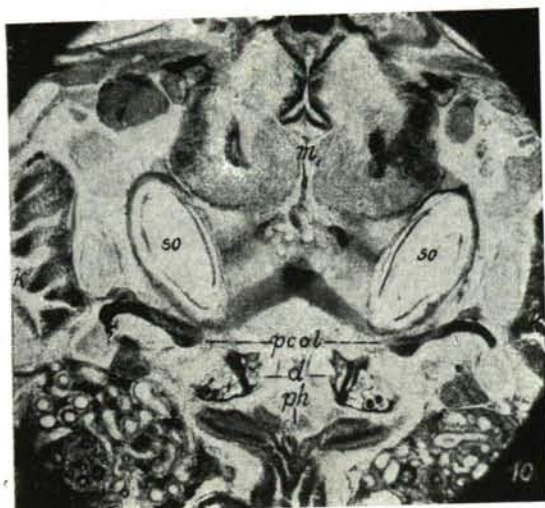
7. kép.



8. kép.



9. kép



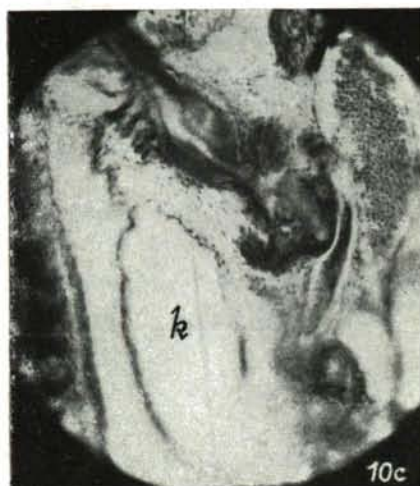
10. kép.



10a. kép.



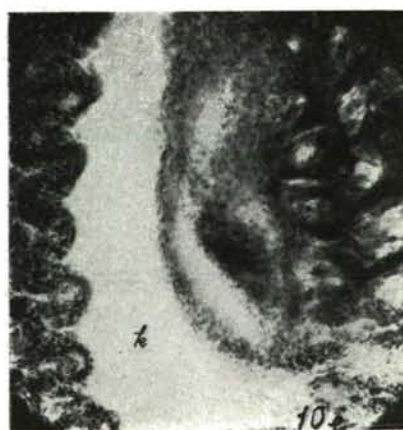
10b. kép.



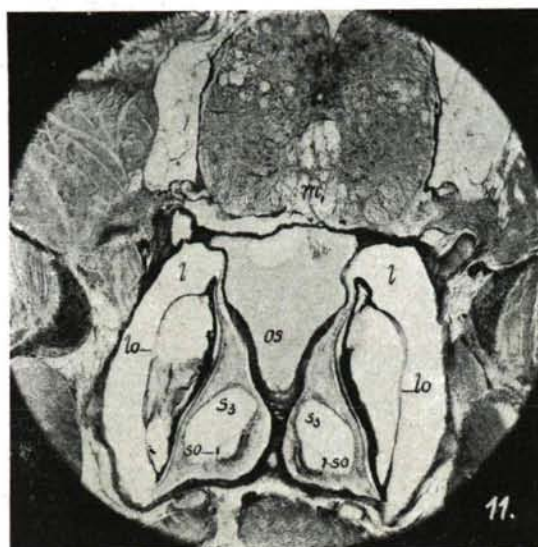
10c. kép.



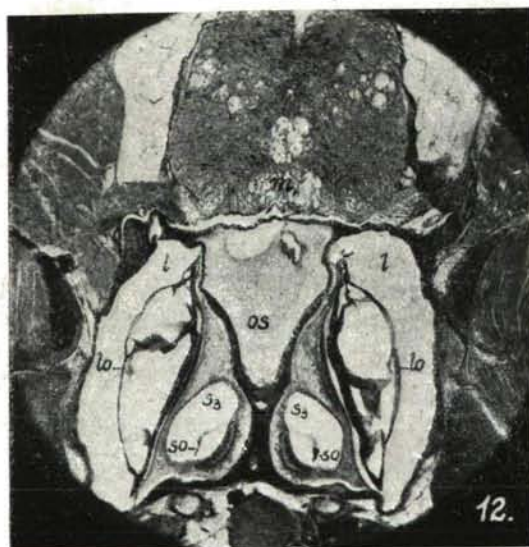
10d. kép.



10e. kép.

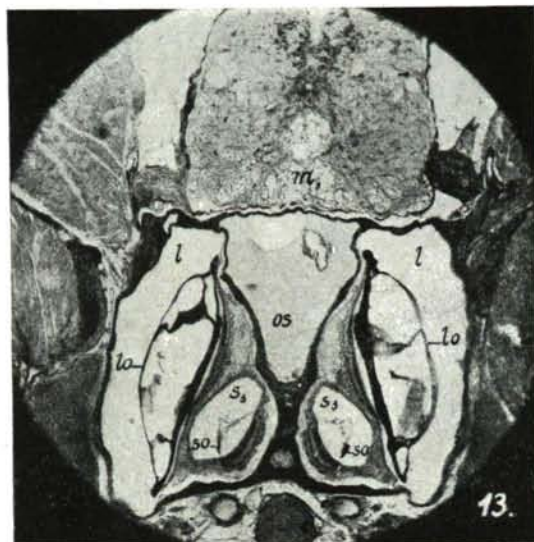


11. kép.

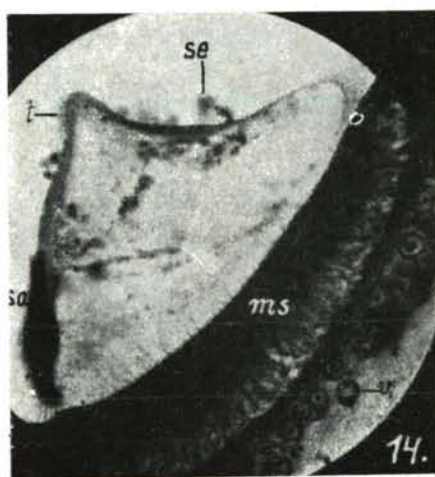


12. kép.

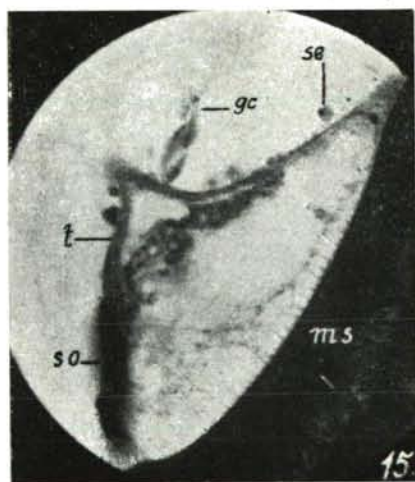
Farkas phot.



13. kép.

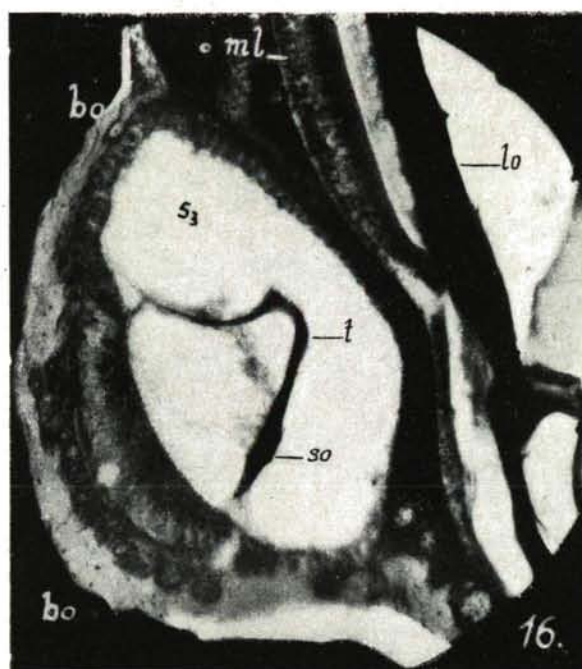


14. kép.

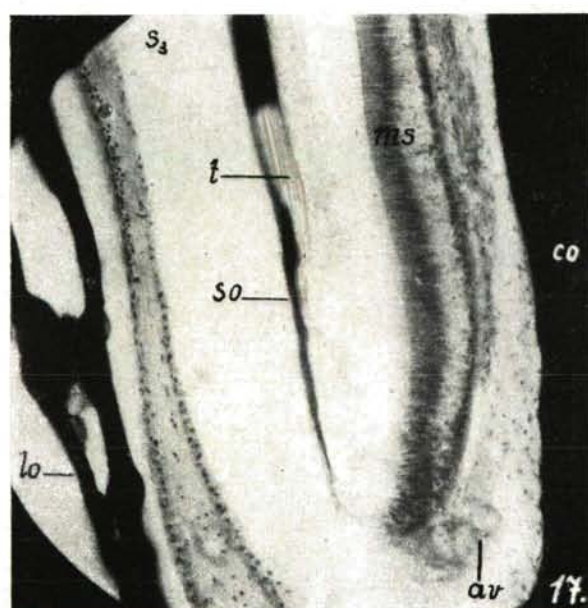


15. kép.

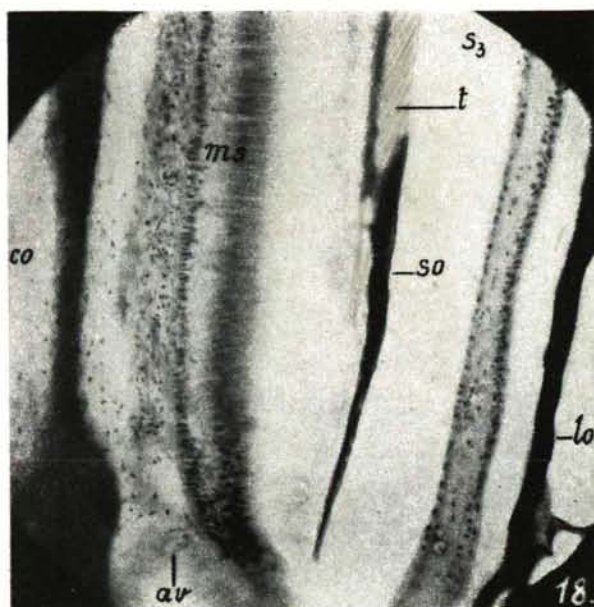




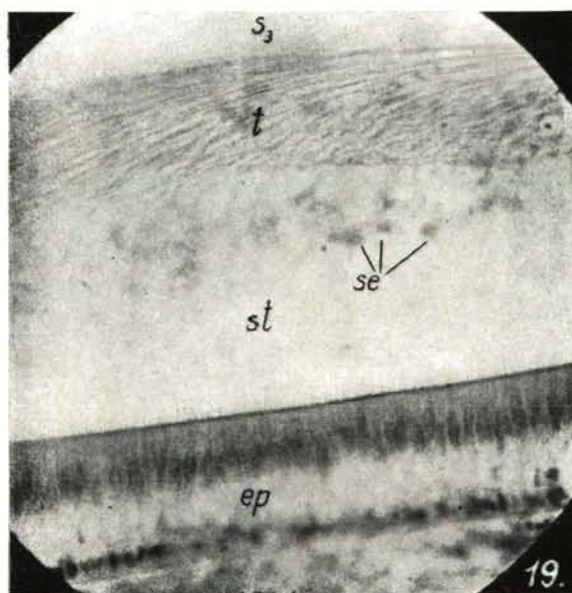
16. kép.



17. kép

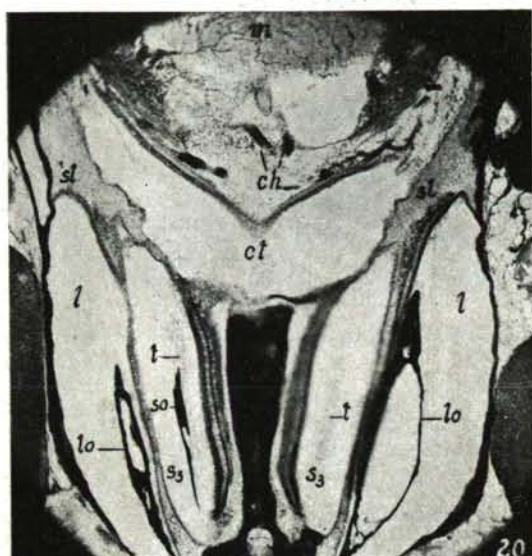


18. kép.

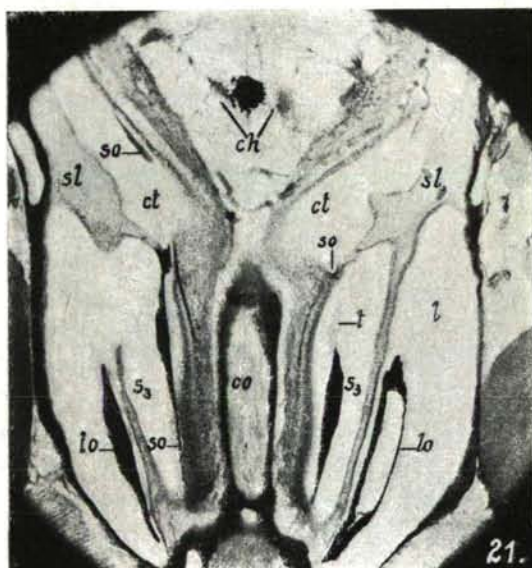


19. kép.

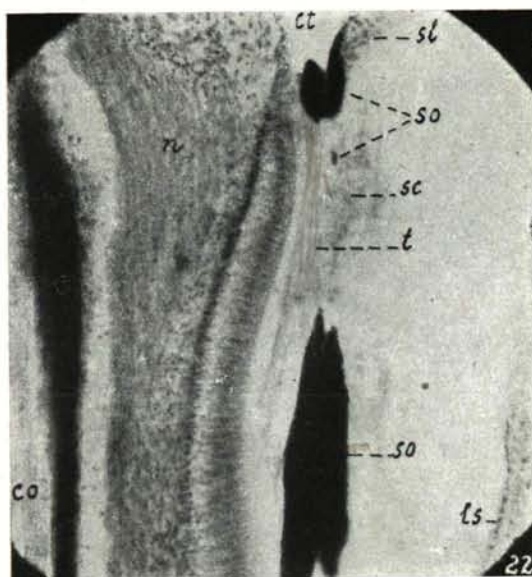
Farkas phot.



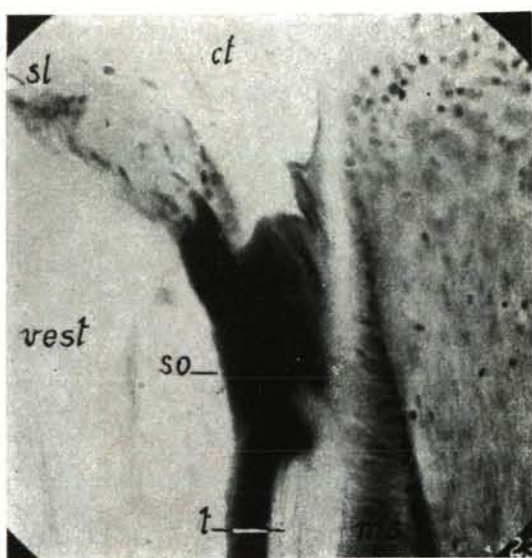
20. kép.



21. kép.



22. kép.

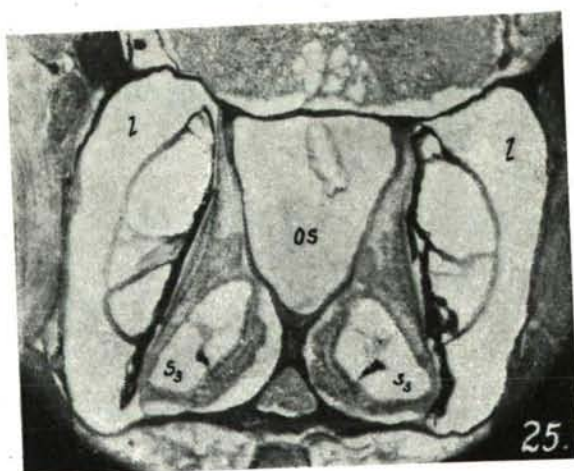


23. kép.

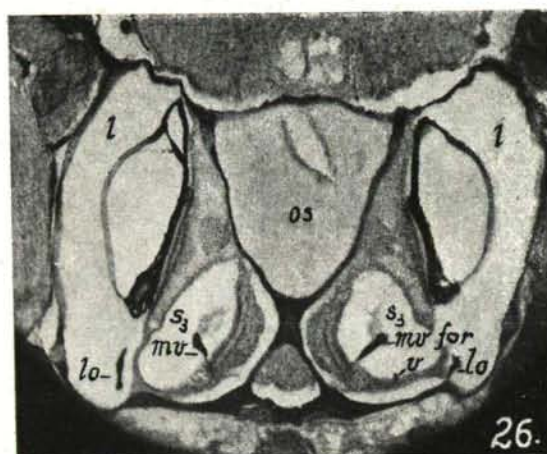
Farkas phot.



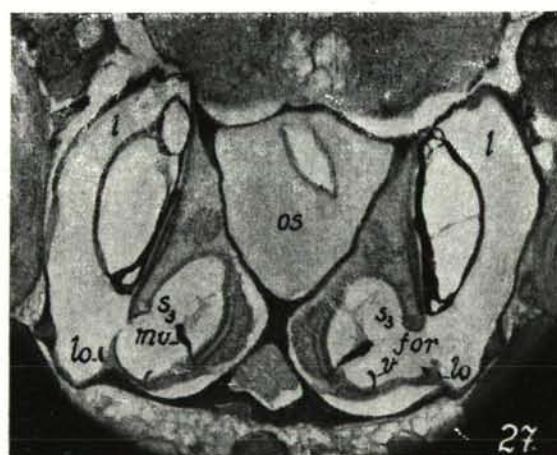
24. kép.



25. kép.

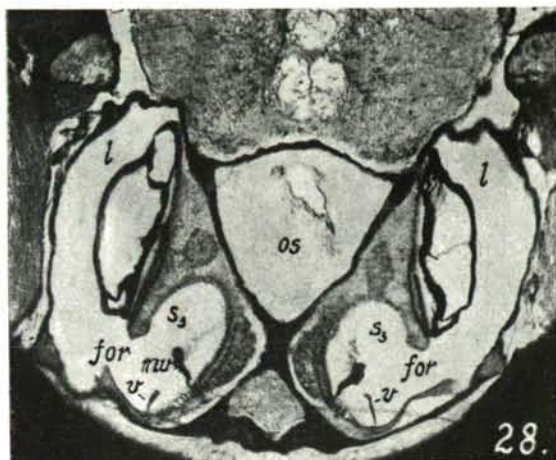


26. kép.

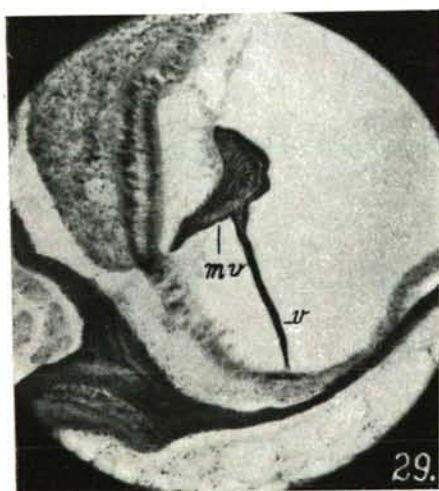


27. kép.

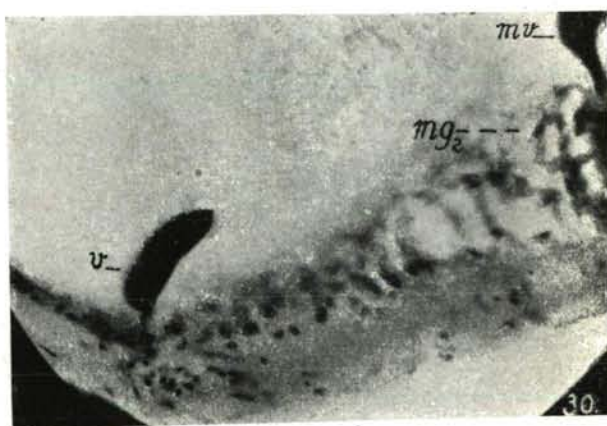




28. kép.



29. kép.



30. kép.